Carro de Anestesia

Generalidades Descripción general.

La anestesia es una condición intrínsecamente peligrosa: la depresión del sistema nervioso producida por los anestésicos puede acompañarse de alteraciones importantes de las funciones respiratoria y cardiovascular. Además, dichos fármacos tienen efectos tóxicos que afectan sobre todo al músculo cardiaco y al hígado. En consecuencia, parte del problema de la anestesia es el de vigilar las funciones orgánicas y evitar o al menos minimizar los efectos indeseables.

Un número muy grande de procedimientos para el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades son capaces de producir dolor o tal grado de molestia física o de ansiedad al paciente que es necesario contar con medios para practicarlos sin que se presenten dichos inconvenientes. La anestesia general se emplea casi siempre en el quirófano. Fuera de los quirófanos, la anestesia general encuentra aplicación en salas de estudios especiales tales como la endoscopía o la obtención de imágenes por tomografía axial, resonancia nuclear y otras.

La vigilancia constante de las funciones vitales del paciente lo mismo durante la cirugía que en las primeras horas que siguen a ésta, supera en importancia al proceso mismo de la anestesia debido a la vulnerabilidad del paciente durante la cirugía y la anestesia general. La anestesia puede tener efectos letales por sí misma y el desarrollo de sistemas de anestesia sofisticados tiene la intención de reducir y controlar estos efectos adversos.



Principios de operación

El sistema de anestesia es un conjunto de dispositivos necesarios y suficientes para la entrega y dosificación de aire, oxígeno y fármacos anestésicos en estado de gas o vapor para la anestesia general, para mantener la ventilación normal del aparato respiratorio y para la vigilancia constante de las concentraciones de los gases y vapores respirados, así como de las funciones vitales del paciente.

El Sistema de Anestesia consta de los siguientes subsistemas:

1. Vaporización. Consiste en uno o varios vaporizadores debidamente identificados, calibrados y conectados con el circuito del paciente, que permiten la dosificación de fármacos en forma de vapor.

2. Ventilación. Todo lo necesario y suficiente para mezclar y dosificar el aire, el oxígeno, el óxido nitroso y los vapores anestésicos, conservar la ventilación del paciente y eliminar, de manera eficiente y segura el dióxido de carbono, los vapores anestésicos y los gases de desecho. Forman parte de éste todos los instrumentos que miden y muestran el flujo, volumen y la presión de cada uno de los gases.

3. Monitorización y registro. Todos los analizadores y sistemas de monitoreo, registro fisiológico y alarmas para el adecuado control de la dosis anestésica y la vigilancia de los cambios en las funciones vitales, tanto los producidos por la anestesia como por el procedimiento al cual el paciente está siendo sometido.

4. Utilería. Permite que el anestesiólogo disponga de todo lo necesario (laringoscopio, guías, sondas, jeringas, medicamentos) para realizar sus labores de manera eficiente y segura.

5. Gabinete transportable. Debe dar a todo el sistema soporte mecánico y la capacidad de movimiento que requiere.

Mantenimiento

Revisión diaria. El sistema de anestesia tiene que ser revisado de manera obligatoria antes del inicio de cualquier acto anestésico, independientemente del tipo de anestesia que vaya a aplicarse, sea general o regional y sin importar que previamente se haya empleado con éxito para otro paciente. El responsable de esta revisión cotidiana es el anestesiólogo encargado del procedimiento.

Efectos secundarios y riesgos

La anestesia ha sido considerada un ejemplo de cómo el manejo del riesgo ha resultado en el progreso de la técnica y en la reducción de los eventos adversos. El análisis de la información publicada, si bien enfrenta algunos problemas por la diversidad de la metodología, sugiere que, no obstante el que año con año las intervenciones quirúrgicas crecen en complejidad y se opera a pacientes más delicados, la mortalidad atribuible a la anestesia no se ha incrementado y muy probablemente ha disminuido en las últimas décadas. (Cooper, JB 2002). Si se incluye a pacientes de todas las categorías de riesgo

anestésico (Clases 1 a 5 de la American Society of Anesthesiologists (**ASA**), *la* mortalidad perioperatoria global, definida como aquella que ocurre dentro de las 48 horas que siguen a la cirugía, independientemente de la causa, es aproximadamente de 1 en 500 intervenciones (Lagasse, R. 2002). Empero, tanto la mortalidad, como la frecuencia de eventos adversos varían en función del estado o grado de deterioro físico del paciente. La mortalidad atribuible *a la anestesia* puede ser tan baja como 1 en 200 mil en personas previamente sanas. En los pacientes más graves puede ser cercana a 1 en mil. (Lagasse, R. 2002) El impacto a la salud como consecuencia de la anestesia general es mayor que el que se observa, para los mismos procedimientos quirúrgicos, cuando se utilizan otras formas de anestesia (Rodgers, A, et al. 2000)

Las complicaciones de la anestesia general se deben principalmente a:

- Inmovilización prolongada
- Trombosis venosa profunda y tromboembolia pulmonar
- Alteraciones de la función y las defensas del aparato respiratorio
- Depresión respiratoria
- Neumonía
- Complicaciones cardiovasculares
- Hipotensión
- Arritmias
- Isquemia e infarto del miocardio
- Falla de funciones orgánicas
- Insuficiencia renal
- Insuficiencia hepática

Otro de los riesgos inherentes a la anestesia general está determinado por la intubación endotraqueal. Este procedimiento no siempre puede realizarse fácilmente y aunque la valoración preoperatoria suele alertar sobre la posibilidad de una vía aérea difícil, en ocasiones la dificultad viene a descubrirse en el momento en que se intenta colocar el tubo endotraqueal. En la actualidad se emplea cada vez con más frecuencia la mascarilla laríngea, que evita el tener que pasar el tubo de ventilación a través de la laringe. La presencia del tubo endotraqueal viola las barreras fisiológicas contra las infecciones de las vías respiratorias; existe un riesgo no despreciable de que el paciente sufra neumonía por microorganismos habituales nosocomiales.

La lista que se presenta a continuación analiza el origen de algunos de los principales riesgos que el Sistema de Anestesia ocasiona al paciente. Algunos de ellos pueden afectar también al personal de salud, al micro o macro ambiente. De su estudio se desprende fácilmente la forma de evitar cada uno de ellos.

Riesgos eléctricos. Choqué eléctrico por corrientes de fuga de los dispositivos de monitoreo y registro. Estos riesgos se evitan con el adecuado mantenimiento de las instalaciones y los dispositivos eléctricos.

Riesgos mecánicos. Desconexión accidental de tubos de conducción de gases, tanto de alimentación a la máquina como del circuito del paciente. Movimiento accidental de las perillas de control. Desplazamiento e impacto del equipo. Daño de las mangueras de suministro de gases.

Riesgos biológico-infecciosos. Circuito respiratorio reutilizable que no haya sido sometido a limpieza, desinfección y esterilización adecuadas; presenta foco de infección al siguiente paciente que lo use.

Riesgos ambientales. Gases y vapores potencialmente tóxicos o asfixiantes. Ya se ha eliminado el uso de gases y vapores explosivos, pero debe tenerse en cuenta que el oxígeno y el óxido nitroso avivan la combustión. Recuérdese también el riesgo de explosión de las materias grasas y lubricantes en contacto con el oxígeno)

Riesgos de operación del equipo. Falta de capacitación del personal. Insuficiente destreza del operador con un modelo en particular. Error en la selección de los parámetros para la ventilación. Mal funcionamiento de guarda hipoxica que permite que baje el nivel de O_2 <21%. Poner un anestésico en un absorbedor de otro tipo, que ocasionaría mezcla de vapores con consumo por el paciente. Inadecuado recambio de la cal sodada del absorbedor.

Clasificación y resumen de características técnicas que marcan los diversos niveles tecnológicos

Equipo Elemental

- **Flujómetros** tipo **variómetro** de tubo de vidrio.
- **Canister** de 1000 g.
- **Ventilador** con control de ajustes de volumen que cubra el rango de 40 a 1400mL.
- **FIO2 integrado** o **interconstruido**.
- **Monitor preconfigurado** con pantalla de 10 pulgadas, con cuatro trazos simultáneos, con un canal de **PAI**.

Equipo Intermedio

- **Flujómetros** tipo variómetro de tubo de vidrio o electrónicos.
- **Canister** de 1350 g.
- **Ventilador** con control de ajustes de volumen que cubra el rango de 20 a 1400mL.

- **FIO2 integrado** o **interconstruido.**
- **Monitor** con pantalla de 10 pulgadas. Hasta seis trazos simultáneos. Un canal con función de etiquetado de la posición de un transductor. Ajuste automático de escalas y filtros de **PAI**. Un canal de temperatura.

Equipo de Alta Especialidad

- **Flujómetros** electrónicos.
- **Canister** doble de 850 g o sencillo de 1500 g.
- **Ventilador** con control de ajustes de volumen que cubra el rango de 20 a 1400mL. Despliegue grafico de la curva de presión en la vía del aire, flujo, *loops* (p/v,f/v), agentes anestésicos.
- **FIO2 integrado.**
- **Monitor** modular con pantalla de 12 pulgadas. Hasta ocho trazos simultáneos. Dos canales con función de etiquetado de la posición de un transductor. Ajuste automático de escalas, filtros y alarmas. Dos canales de temperatura. Parámetros de ventilación monitorizados y desplegados en pantalla del ventilador o del monitor: frecuencia respiratoria espontánea (valor numérico), concentración inspirada espirada de 5 agentes anestésicos y **óxido nitroso**, **presión plateau o meseta**, identificación automática de agentes y mezclas y despliegue de la concentración individual de cada uno de los agentes de la misma, compliance del paciente, tendencias de complianza, concentración de 02 inspirado y espirado, despliegue numérico y de curva, medición de consumo de gases. **MAC** y tendencias de MAC. Almacenamiento de lazos curvas de referencia.
- **Sistema de vigilancia de la actividad neurológica:** Electroencefalograma de por lo menos dos canales, módulo con interfase para conexión en el monitor de signos vitales y despliegue en el mismo.
- **Índice biespectral** (monitoreo de profundidad hipnótica). Monitor interconstruido o módulo o monitor independiente con interfase para conexión en el monitor de signos vitales y despliegue en el mismo.



Equipo para resonancia magnética

El gabinete, ventilador y monitor de signos vitales están construidos para que su funcionamiento no se altere cuando sean sometidos a un campo magnético.

Composición de los Equipos de Anestesia

Máquinas de anestesia elemental

Gabinete

- Soporte para vaporizadores dos vaporizadores en línea con sistema de exclusión.
- Montaje de ventilador interconstruído
- Contactos eléctricos mínimo 4
- Yugos para cilindros O2 y N20
- Cajones 2 al menos
- Mesa de trabajo de acero inoxidable
- Repisa para monitoreo de acero inoxidable
- 4 ruedas, 2 con freno
- Indicadores interconstruidos de presión para suministro de toma mural (1 gases) y de
- cilindros (2 gases)

Suministro de gases

- Flujómetros para O2 y N2O neumáticos dobles

- Flujómetro para aire neumático sencillo
- Guarda hipoxica de 21% mínimo (por norma)
- Iluminación eléctrica
- Flush o suministro de oxígeno directo

Circuito de paciente

- Canister reusable y esterilizable doble con capacidad mínima de 1000 g
- Montaje de circuito de reinhalación parcial (directo o adaptador) que permita ventilación mecánica o manual
- Sistema de evacuación activo o pasivo
- Esterilizable en autoclave
- Válvula IPA
- Válvula de sobrepresión
- Válvula conmutadora bolsa-ventilador
- Manovacuémetro de conexión rápida
- Reservorio de polvo y agua
- Soporte para la bolsa de reinhalación

Ventilador microprocesado

Modos de ventilación:

- Volumétrico limitado en presión
- Controlado por presión
- Conmutación a ventilación manual
- SIMV (disparado por presión o por flujo)
- Presión soporte o ASB
- Control para ajustes de volumen que cubra el rango de 40 ml <= x <= 1400 ml
- Control de frecuencia respiratoria que cubra el rango de 4 <= x <= 40
- Control para ajustes de PEEP electrónico
- Control para ajustes de relación I:E y relación I:E inversa
- Control para ajustes de presión inspiratoria que cubra el rango de 10 cmh2o <= x <= 40 cm H2O
- Control para ajustes de presión límite que cubra el rango de 10 cmh2o <= x <= 40 cmh2o
- Sistema de comprobación
- Control para ajustes de pausa inspiratoria (variable y continua)
- Compensaciones de volumen
- Para todo tipo de pacientes sin necesidad de cambio de fuelle
- Control de flujo inspiratorio
- Pantalla a color LCD o TFT de 12" en diagonal

Parámetros de ventilación monitorizados y desplegados en pantalla del ventilador o del monitor

- FIO2 interconstruído o integrado
- Volumen corriente
- Volumen minuto
- Presión media
- Presión pico
- PEEP
- Despliegue gráfico de PVA (presión vías áreas)
- Frecuencia respiratoria espontánea (valor numérico)
- Concentración inspirada espirada de 5 agentes anestésicos y óxido nitroso
- Presión plateau o meseta
- identificación automática de agentes y mezclas y despliegue de la concentración individual de cada uno de los agentes
- Compliance del paciente, tendencias de compliance
- Concentración de O2 inspirado y espirado, despliegue numérico y de curva
- Medición de consumo de gases
- MAC y tendencias de MAC
- Almacenamiento de lazos curvas de referencia

Alarmas (despliegue en máquina o en pantalla del ventilador o en el monitor de signos vitales)

- FIO2 (alta y baja)
- VM (volumen minuto, alta y baja)
- Baja presión de O2
- Falla en el suministro eléctrico
- Presión pico
- Presión baja
- Indicador de fuente de alimentación AC o DC
- Apnea
- Audibles y visuales priorizadas en 3 niveles con despliegue de mensajes de estas en español
- Falla o cambio del sensor de o2; o falla en la medición de o2 para tec. Paramagnética
- Falla en sensor de presión o flujo
- PEEP Alto
- Concentración de gases anestésicos alto y bajo
- Alto y bajo de CO2
- Mezcla de gases

Vaporizadores

- Suministrar dos vaporizadores a elección del usuario
- Halotano
- Enfluorano

- Isofluorano
- Sevofluorano
- Desfluorano

Monitor de signos vitales

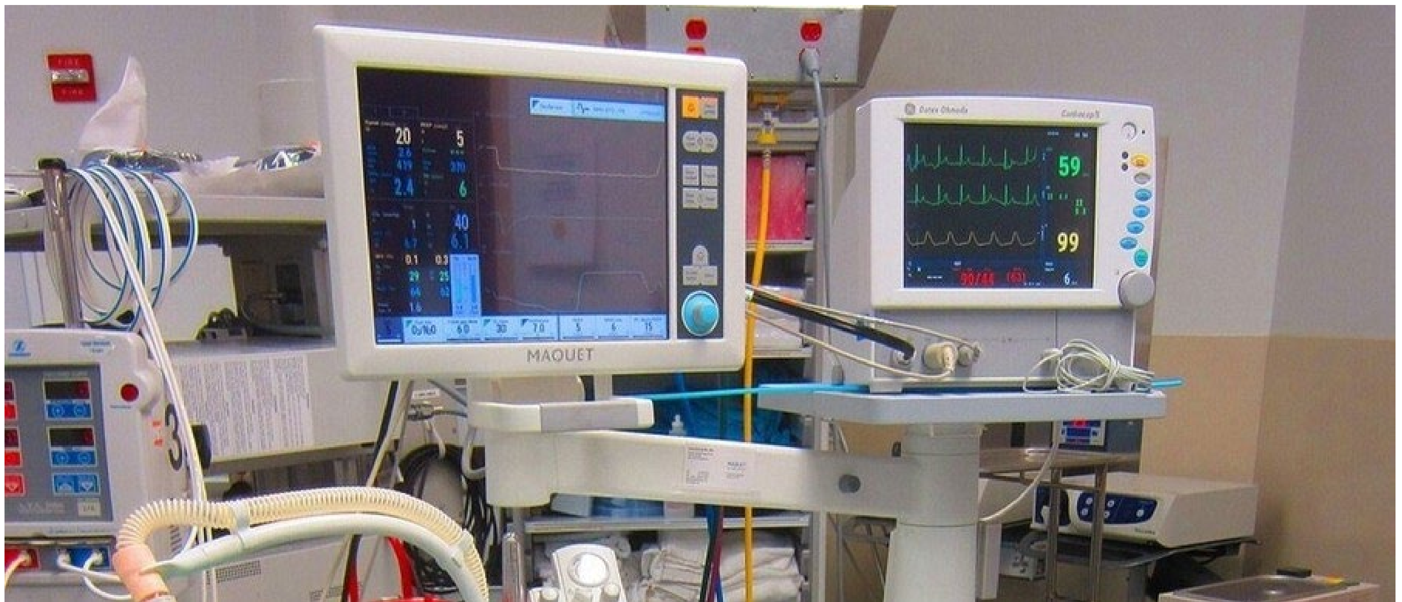
- Preconfigurado
- Teclado Sensible al tacto o de membrana o perilla selectora
- Pantalla LCD o EL o TRC
- Tamaño de pantalla>= 8"
- Pantalla policromática
- Interfase del usuario
- Batería de respaldo >= 30 minutos
- Tendencias gráficas y numéricas para todos los parámetros. >= 12 hrs.
- Pantallas configurables por el usuario con pantalla por default de fábrica
- Alarmas audiovisuales, automáticas, priorizadas y configurables por el usuario
- Número de trazos simultáneos en pantalla >= cuatro
- Capacidad de impresión por registrador térmico o impresora,láser
- Puertos de salida (RS232) ó a red de monitoreo

Parámetros en monitor de signos vitales

- ECG
- Frecuencia cardiaca
- Tres números de derivaciones
- Un canal desplegado simultáneamente
- Análisis del segmento st en al menos las 3 derivaciones seleccionadas
- Análisis de arritmias
- SPO2 despliegue numérico y gráfico
- Un canal de temperatura
- **NIBP**
- Ajuste adulto o pediátrico programable a diferentes intervalos de tiempo
- Reconocimiento de brazalete y medición manual y
- Respiración por impedancia con despliegue numérico y de curva
- CO2 Capnografia Espirado con despliegue numérico y de curva
- Gasto cardiaco con despliegue mínimo de índice y gasto cardiacos

Actividad neurológica y muscular

- Estimulador de nervios periféricos
- Monitor interconstruido modulo, o monitor independiente
- EEG, 2 canales mínimo, modulo con interfase para conexión en el monitor de signos vitales y despliegue en el mismo
- Índice biespectral o monitoreo de profundidad hipnótica (monitor interconstruido o módulo, o monitor independiente con interfase para conexión en el monitor de signos vitales y despliegue en el mismo)



Alternativas de selección y evaluación

En el proceso de evaluación de las tecnologías para la anestesia, debe tenerse en cuenta todo un conjunto de variables, entre las que destacan las siguientes:

1) Número de pacientes atendidos.
2) Distribución de frecuencia de los procedimientos que se espera realizar.

Número, tipo y magnitud de las intervenciones quirúrgicas:

- Electivas.
- De urgencia.

4) Distribución de los pacientes de acuerdo con el riesgo anestésico esperado conforme a la clasificación de su estado físico: NOM-170-SSA1-1998: 9.2.2 American Society of Anesthesiologists (**ASA**) (NOM-170-SSA1-1988, Morgan, E. 2002)
5) Distribución de los pacientes de acuerdo con el grupo de edad.
6) Técnicas de anestesia de elección para cada clase de procedimiento.
7) Número de eventos adversos atribuibles al acto anestésico en cada especialidad, procedimiento y técnica de anestesia.

Considerando estas variables, se puede optar en una determinada unidad de atención de la salud, en cada paciente y en cada intervención en particular, por uno u otro sistema de anestesia general o por alguno de los tipos o alternativas que se mencionan a continuación.

- Anestesia general.
- Por inhalación.
- Por vía endovenosa.
- Anestesia regional.

- Por bloqueo raquídeo.
- Por bloqueo de un nervio.
- Anestesia local o tópica
- Acupuntura anestésica.
- Uso combinado de sedantes, tranquilizantes y analgésicos potentes, de acción breve, por vía endovenosa y/o transcutánea
- Hipnosis médica.

La anestesia general plantea la opción de una amplia variedad de agentes anestésicos inhalados e inyectables, cada uno con propiedades distintas en cuanto a ventajas, riesgos y costos. Para cada anestésico, existen distintos protocolos de dosificación, además de que es frecuente que se los aplique en combinación con otros fármacos, tales como los relajantes del músculo esquelético. Todas estas variaciones tienen importantes implicaciones cuando se evalúa el impacto médico, económico y social de los sistemas de anestesia.

Rutinas de mantenimiento

Al incluir las siguientes rutinas de mantenimiento preventivo no se pretende obviar la consulta de los manuales de servicio proporcionados por el fabricante)

Revisión diaria.

1. Presión de los gases en los manómetros de entrada al quirófano.
2. Conexiones entre las mangueras de entrada de gases y las del sistema de anestesia.
3. Presión de los gases en los manómetros del tablero frontal del sistema de anestesia.
4. Llaves de los flujómetros y el flujo de cada gas.
5. Sistema de protección contra mezcla hipóxica.
6. Posición y conexión de los vaporizadores.
7. Sistema de protección contra la administración simultánea de agentes anestésicos.
8. Nivel líquido de cada agente anestésico dentro del vaporizador.
9. Funcionamiento de la válvula de aporte rápido oxígeno (*flush*).
10. Conexión hermética de las mangueras en sus dos extremos.
11. Sensor de oxígeno.
12. Válvulas unidireccionales ensambladas correctamente.
13. Mangueras, conexión en *Y*, codo, línea de muestra del capnógrafo y bolsa reservorio en el circuito del paciente.
14. Válvula de sobrepresión.
15. Estado del canister, de la cal sodada y de la válvula de drenaje de agua.
16. Hermetismo y patencia del circuito.
17. Funcionamiento neumático, electrónico y de las alarmas de todos los subsistemas.
18. Conexión adecuada de la manguera de escape de gases en sus dos extremos.

Rutinas de mantenimiento preventivo
Inspección física:

1. Chasis.
2. Montajes y apoyos.
3. Frenos.
4. Enchufe y base de enchufe.
5. Cable de alimentación.
6. amarres.
7. Interruptores y fusibles.
8. Tubos y mangueras.
9. Tomas de gas.
10. Controles y teclas.
11. Sensores y transductores.
12. Filtros.
13. Vaporizadores.
14. Ventilador.
15. Monitor de signos vitales.
16. Baterías y su cargador.
17. Indicadores y despliegues.
18. Etiquetas, tarjetas de instrucciones y tablas de conversiones.
19. Accesorios del respirador, por ejemplo: brazo soporte del circuito de paciente, humidificador y nebulizador.

Prueba de sistemas de medición, monitoreo y alarma:
1. Presión máxima (valor seleccionado = valor real).
2. Liberación de la válvula de sobrepresión.
3. Alarmas de desconexión de paciente.
4. Concentración de oxígeno (valor seleccionado = valor real).
5. Alarma de límite bajo de FIO2.
6. Concentración de agente anestésico (valor seleccionado = valor real).
7. Alarma de desconexión del suministro de oxígeno.
8. Alarma de falla en el suministro de energía eléctrica.

Pruebas que deben documentarse en el historial de servicio:
1. Seguridad eléctrica.
2. Funcionamiento en cada uno de los modos de ventilación disponibles.

3. Controles de programación del respirador, por ejemplo: volumen corriente, frecuencia respiratoria, tiempo de inspiración, tiempo de espiración, I: E, forma de onda de flujo y de presión.

4. Funciones de monitoreo y alarmas:

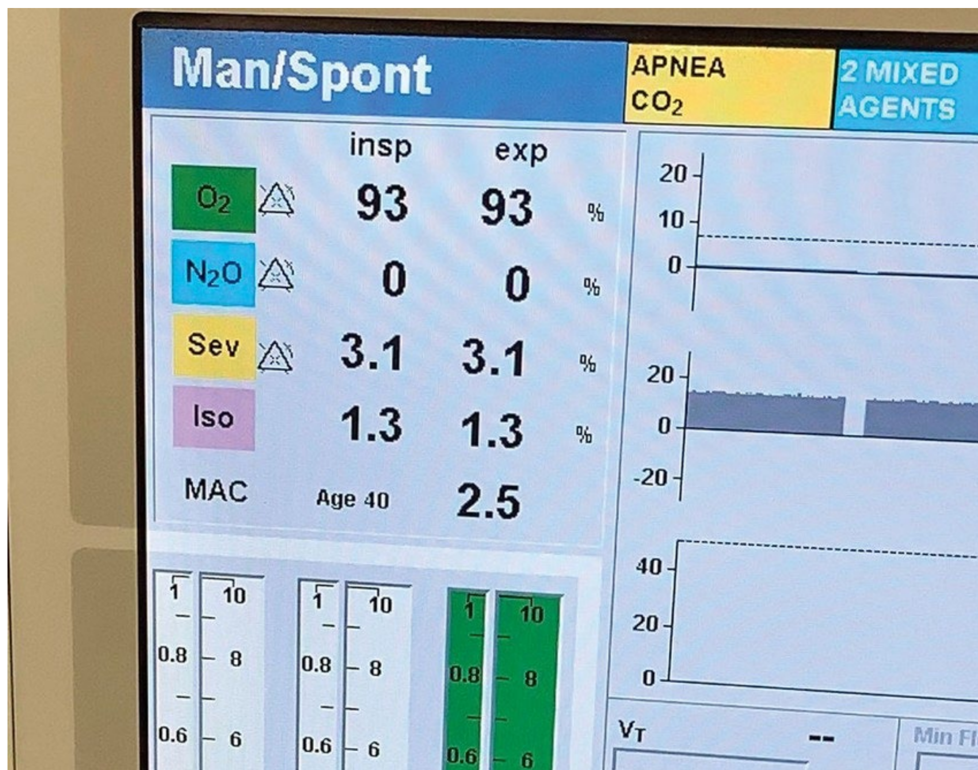
- Frecuencia respiratoria.
- Tiempo de inspiración.
- Presión inspiratoria pico.
- Flujo inspiratorio medio y máximo.
- PEEP.
- Valor medio de la presión en vías aéreas (MAP).
- Volumen corriente y Volumen minuto.
- Fracción inspirada de oxígeno (FIO2).
- Temperatura del aire inspirado.

5. Suministro de gas:

- Mezclador de aire y oxígeno (*blender*).
- Compresor.
- Sistemas Neumáticos (incluyendo filtros de aire).
- Reguladores.

6. Circuito de Paciente.

- Que sea adecuado para el ventilador
- Fugas
- Ensamble y funcionamiento de los accesorios, adaptadores, y otros componentes (válvulas de exhalación, válvulas de PEEP, trampas de agua, nebulizador).
- Humidificador.
- Mecanismo de desahogo de presión.



NOTAS:

1. Las rutinas de mantenimiento preventivo, serán realizadas por personal calificado y con instrumental de medición específico, tal como multímetro, manómetro, simuladores, analizadores, etc.
2. Estas pruebas pueden ser desarrolladas por el personal clínico o usuario, conectando un pulmón de prueba a un circuito de paciente. El personal de Ingeniería Biomédica o responsable del servicio del equipo médico empleará un simulador de paciente para comparar los valores medidos por el respirador con los valores reales medidos por el equipo comprobador.
3. La calibración de vaporizadores deberá ser realizada únicamente por personal calificado que cuente con las instalaciones e instrumental adecuado. Cada uno de estos procedimientos debe quedar documentado en bitácora de mantenimiento de cada sala y en el expediente de servicio de cada equipo.